

Research Article

대추 열수 추출물의 항산화 및 영양학적 특성에 대한 *Lactiplantibacillus plantarum* 발효의 영향

김수지¹ · 이석규¹ · 손나연¹ · 이재웅¹ · 백경규¹ · 김종은¹ · 한성환² · 육현균^{1*}

¹국립한국교통대학교 식품공학전공

²길마기술(주)

Effect of Fermentation by *Lactiplantibacillus plantarum* on Antioxidant and Nutritional Characteristics of Jujube Hot Water Extract

Su Zi Kim¹, Seok-Gyu Lee¹, Na Yeon Son¹, Jae Ung Lee¹,
 Gyung Gyu Baek¹, Jong-Eun Kim¹, Sung-Hwan Han², and Hyun-Gyun Yuk^{1*}

¹Department of Food Science and Technology, Korea National University of Transportation,
 61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk 27909, Republic of Korea

²Gilmatech, 61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk 27909, Republic of Korea

Received: Nov. 5, 2021
 Revised: Nov. 25, 2021
 Accepted: Nov. 25, 2021

*Corresponding author :

Hyun-Gyun Yuk
 Department of Food Science and
 Technology, Korea National
 University of Transportation, 61
 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun,
 Chungbuk 27909, Korea.
 Tel: +82-43-820-5244,
 Fax: +82-43-820-5240
 E-mail: yukhg@ut.ac.kr

ORCID

Su Zi Kim
<https://orcid.org/0000-0002-2997-2888>
 Seok-Gyu Lee
<https://orcid.org/0000-0002-0506-8528>
 Na Yeon Son
<https://orcid.org/0000-0003-1953-4603>
 Jae Ung Lee
<https://orcid.org/0000-0002-5381-7618>
 Gyung Gyu Baek
<https://orcid.org/0000-0003-2010-3288>
 Jong-Eun Kim
<https://orcid.org/0000-0002-5030-6126>
 Sung-Hwan Han
<https://orcid.org/0000-0001-9933-7823>
 Hyun-Gyun Yuk
<https://orcid.org/0000-0001-9841-7899>

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of fermentation by *Lactiplantibacillus plantarum* on the changes in antioxidant capacity and nutritional quality of jujube hot water extract. The dried jujubes were boiled at 100°C for 3-4 h (the 1st extract) and then another extract (the 2nd extract) was prepared with the same manner after removing the 1st extract. Both extracts were inoculated with *L. plantarum*, followed by fermentation at 37°C for 72 h. Change in the number of *L. plantarum* was measured during the fermentation, and the antioxidant capacity and nutritional quality of the both extracts and their corresponding fermented products were analyzed. The number of *L. plantarum* rapidly increased within 12 h, reaching the stationary phase, and was maintained until 72 h of fermentation. There was no significant difference in the sugar contents and total acidity among the 1st, the 2nd extracts and the fermented 1st extract but the increased sugar content in the fermented 2nd extract was observed. The fermentation by *L. plantarum* lowered the pH values, regardless of extracts. For nutritional components, no significant differences were observed between the 2nd extract and its fermented products. The antioxidant capacity and total polyphenol content of the extracts was not significantly different from their corresponding fermented products. These results indicate that the fermentation by *L. plantarum* did not have a profound effect on antioxidant capacity and nutritional components of jujube hot water extract. Thus, a further study is needed to improve the nutritional and functional qualities of jujube hot water extract by fermenting it with other lactic acid bacteria.

Keywords

jujube, *Lactiplantibacillus plantarum*, fermentation, antioxidant capacity, nutritional quality

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

대추(*Zizyphus jujuba* Miller)는 갈매나무목 갈매나무과(Rhamnace)에 속하는 낙엽 관목으로 오래전부터 식재료 및 약용 목적으로 사용되어 오던 열매이다. 우리나라에서 대추는 충청도, 경기도, 경상북도를 비롯한 여러 지역에서 생산되고 있는데, 그 중 충청북도 보은군에서 재배되는 보은 대추는 역사적 전통성이 큰 품종이다(Jeong 등, 2011). 대추는 향약대사전, 동의보감, 방약합편, 본초학, 향약집성방 등의 옛 문헌과 민간요법에서 알 수 있듯이 고려시대부터 식용으로 이용되어 오며 약리작용과 많은 기능성이 인정되었다(Choi, 2013). 대추의 주성분으로는 당질과 ascorbic acid가 있으며, 이외에도 각종 비타민류를 비롯해 sterols, alkaloids, saponins, organic acid, amino acid 등을 함유하고 있다(Kim 등, 2014). 대추로 인해 얻을 수 있는 효능에는 불면증, 이노작용, 강장작용, 기침, 빈혈, 정신안정(Kim, 2008), 해열, 면역증강(Jung 등, 2014) 등이 있으며, 이와 더불어 대추에 함유되어 있는 비타민류와 식이 섬유, 플라보노이드, 미네랄 등은 노화방지 및 암세포 증식 억제에 도움을 줄 수 있는 것으로 보고되고 있다(Kim 등, 2016). 대추는 수확기간이 2주 가량으로 짧고 또한 생대추는 저장성이 떨어지므로 수확 후 즉시 건조시켜 건대추 상태로 저장 및 유통되고 있다(Auh 등, 2012). 이러한 대추는 고유의 단맛으로 높은 기호도를 가지고 있으므로 가공식품으로 제조 시 관능적 특성의 향상을 기대해 볼 수 있어 대추 혹은 대추추출물의 형태로 여러 식품에 적용되고 있다(Kim 등, 2014). 그러나 대추는 아직까지 기능성 천연물 소재로서 개발은 미비한 실정이다.

유산균은 인간이 이용 가능한 유익한 미생물로 당류를 발효하여 젖산(lactic acid)을 생성하는 미생물이다. 유산균의 종류에는 *Lactiplantibacillus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactococcus* 속 등이 있으며, 이들 유산균을 통해 위장내 유해 미생물의 증식억제, 혈중 콜레스테롤의 저하, 항암효과 및 비타민과 같은 인체 유용물질 합성으로 인한 영양 및 생리활성 증진 효과(Oh 등, 1999)와 피부 표피층 두께 감소를 통한 피부노화 예방(Han 등, 2019) 등을 기대할 수 있다. 그 중에서도 *Lactiplantibacillus*는 자연계에서 흔히 발견되는 대표적 유산균주로 사람과 동물의 장관내에 상재하며 건강에 중요한 역할을 하는데(Kim 등, 2014), 특히 이는 발효식품 산업의 필수요소로서 섭취시에 면역체계 조절, 장내 세균의 균형 유지, 종양 위험 감소 등의 이점을 기대할 수 있으며, 또한 대사산물로서 젖산을 비롯하여 antibacterial bioactive compound, exopolysaccharide을 생성할 수 있으므로, 이들을 통해 장관내에 존재하는 다양한 식품 매개 병원체를 억제할 수 있다(Abdelazez 등, 2018). 따라서 본 연구에서는 다양한 기능성 물

질을 함유하고 있는 대추를 유산균 발효하여 대추 발효물의 천연물 소재로서 이용가치를 증대시키고자 하였으며, 또한 발효물의 영양 성분 및 기능성을 분석함으로써 기능성 화장품 및 식품 소재 개발 가능성을 확인하고자 하였다.

실험 재료 및 방법

실험재료 및 사용 균주

본 실험에 사용된 대추(*Zizyphus jujuba* Miller)는 시중에 판매하고 있는 충북 보은군에서 재배한 건대추를 구입하였고, 구입 후 냉동보관(-20℃)하여 실험 시에 24(±2) 시간 동안 냉장(4℃) 상태에서 해동시킨 후 사용하였다. 실험에 사용된 유산균주는 *Lactiplantibacillus plantarum*(ATCC 14917)이었으며 충북농업기술원으로부터 분양받았다. 본 균주는 실험에 사용하기 전 멸균된 Lactobacilli MRS Broth(Difco, Sparks, MD, USA)에서 24시간 동안 2번 연속 계대배양하여 사용하였다.

대추 열수추출물 제조

대추 2 kg을 흐르는 물에서 3~5분간 세척한 후 면포에 담아 스테인리스 추출 탱크에 넣고 대추가 들어 있는 탱크에 14 L의 물을 첨가한 후에 추출물의 양이 약 10 L가 되도록 3~4시간 동안 끓여 냉각시킨 것을 1차 대추 열수추출물(1st jujube hot water extract; 1st JHWE)로 하여 실험에 사용하였다. 2차 대추 열수 추출물(2nd jujube hot water extract; 2nd JHWE)은 1차 추출을 완료한 대추에 14 L의 물을 다시 첨가하고 1차 추출 방식과 동일한 방법으로 추출하여 냉각시킨 것으로 하였다.

유산균 발효물 제조 및 발효 중 유산균 변화 측정

대량의 대추 열수추출물에 유산균을 접종하기 전 예비 배양을 위해 0.5 mL의 *L. plantarum* 배양액(8~9 Log CFU/mL)을 50 mL의 1차 및 2차 대추 열수추출물에 접종(6~7 Log CFU/mL)하여 30℃ 배양기에서 72시간 동안 배양하였다. 예비 배양 후 대추 열수추출물 총량의 1%에 해당하는 양의 예비 배양액(8~9 log CFU/mL)을 1차 및 2차 대추 열수추출물에 접종하여 30℃에서 발효를 진행하였으며 각각 1차 대추 열수추출물의 발효물(1st jujube hot water extract fermented product; 1st JHWE-F)과 2차 대추 열수추출물의 발효물(2nd jujube hot water extract fermented product; 2nd JHWE-F)로 실험에 사용하였다. 3일의 본 발효 기간 동안 12 시간 간격으로 시료를 취하여 유산균 수의 변화를 분석하였는데, 발효 기간에 따른 유산균 수의 변화는 10배 계열 희석법에 따라 시료를 적절히 희석하여 Petrifilm™ LAB (3M, Saint Paul, MN,



USA)을 이용해 측정하였으며 도달된 Petrifilm은 24~48시간 동안 37℃에서 배양되었다.

당도 및 pH, 총산도 측정

당도는 당도계(Refractometer PAL- α , Atago, Tokyo, Japan)를 이용해 측정하였고 유산균 발효 유무에 따른 대추 열수추출물의 pH는 pH meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, MA, USA)로 측정하였다. 총산도를 측정하기 위해 대추 열수추출물과 발효물의 시료 10 mL에 0.1% Phenolphthalein(Samchun, Pyeongtaek, Korea) 지시약을 3~4 방울 첨가하고, 0.1N NaOH(Samchun, Pyeongtaek, Korea) 용액으로 중화액의 색이 연분홍이 나타날 때까지 적정하였으며, 소비된 양은 Lactic acid 함량식(%)으로 하여 총산도를 계산했다. 당도와 pH 및 총산도는 연속해서 3회 측정 후 평균값으로 나타내었다.

$$\text{총산도(}\%) = \frac{0.009 \times \text{NaOH 용액의 소비량(mL)} \times \text{NaOH 용액의 역가} \times \text{희석배수}}{\text{시료 채취량(mL)}} \times 100$$

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(Folin 등, 1912)을 사용하여 측정하였다. 대추 열수추출물과 발효물의 시료 100 μ L를 시험관에 취하여 이에 2% NaCO₃(Sigma-Aldrich, St. Louis, MI, USA)용액 2 mL를 가한 후 혼합하여 3분간 실온에서 방치하였다. 시료에 50% Folin-Ciocalteu phenol reagent(Sigma) 100 μ L를 첨가해 실온의 암실에서 30분간 반응시킨 후 Microplate reader(EPOCH2, Bio Tek, Winooski, VT, USA)를 이용하여 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 이때 대추 열수추출물과 발효물의 총 폴리페놀 함량을 정량하기 위해 Gallic acid(Sigma-Aldrich)를 농도별로 희석하여 검량선을 작성한 표준곡선을 이용하였다.

DPPH radical 소거능

DPPH free radical 소거 활성의 측정을 위해 우선 0.2 mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 시약(Alfa Aesar, Ward Hill, MA, USA)을 95%(v/v) Ethanol에 용해하여 DPPH 용액을 제조하였다. DPPH 용액을 시험관에 0.8 mL씩 분주하고 이에 0.2 mL의 시료를 첨가하여 암실의 실온에서 30분간 반응시킨 뒤 520 nm 파장에서 흡광도를 측정하였으며 DPPH radical 소거능의 산출은 아래의 식을 이용하여 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(}\%) = \frac{A_{520} \text{ of control} - A_{520} \text{ of sample}}{A_{520} \text{ of control}} \times 100$$

ABTS radical 소거능

ABTS [2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)](Sigma-Aldrich) radical 소거활성 측정을 위해, 7.4 mM의 ABTS와 potassium persulfate(Sigma-Aldrich) 2.6 mM을 증류수에 용해하여 1:1 비율로 혼합하였다. 그 후 혼합용액을 24시간 동안 실온의 암실에서 방치하여 ABTS cation radical(ABTS⁺)을 형성시켰으며 이 ABTS⁺ 용액을 735 nm에서의 흡광도 값이 0.7 \pm 0.05가 되도록 희석하여 실험에 사용하였다. 희석된 ABTS⁺ 용액을 시험관에 1 mL씩 분주하고 이에 시료를 50 μ L씩 가하여 60분 동안 방치한 후 735 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 아래의 계산식을 이용해 산출하여 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(}\%) = \frac{A_{735} \text{ of control} - A_{735} \text{ of sample}}{A_{735} \text{ of control}} \times 100$$

일반영양성분 분석

대추 2차 열수추출물의 유산균 발효 여부에 따른 영양성분은 열량, 나트륨, 탄수화물, 당류, 조지방, 트랜스지방, 포화지방, 콜레스테롤, 조단백질, 수분, 회분에 대해 분석하였으며, 한국표준시험분석 연구원에 의뢰하여 결과를 얻었다.

통계분석

각 실험의 결과는 독립적인 3회 반복 실험을 통해 얻어진 평균과 표준편차로 나타내었고, 통계처리는 SPSS Statistics software v.21.0 (IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 시료 간의 차이를 ANOVA를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 분석하였으며, Duncan's Multiple Range Test로 사후 검증하였다.

실험결과 및 고찰

유산균수 측정

*L. plantarum*을 배양시킨 예비 배양액을 1차 및 2차 대추 열수추출물에 접종한 다음 30℃에서 3일간 발효시키는 동안의 유산균 수 변화는 Fig. 1과 같다. 열수추출물에 접종한 *L. plantarum*의 초기 균수는 약 6.2~6.5 Log CFU/mL였으며 접종 후 12시간 만에 약 7.5~7.7 Log CFU/mL로 증가하여 정지기에 도달하였다. 배양 36시간 후에는 유산균 수가 7.7~8.1 Log CFU/mL에 이르렀으며, 72시간까지의 배양 기간 동안 유산균 수의 큰 증감은 보이지 않았다. 따라서 다른 영양성분 첨가 없이 1차 및 2차 대추 열수추출물 모두에서 완전한 유산균의 생육이 이루어졌으며, 이는 대추가 당류를 높은 비율로 함유하고 있으므로 높은 당 농도에서 유산균의 생육이 가능했을 것으로 생각된다(Jo 등, 2015).

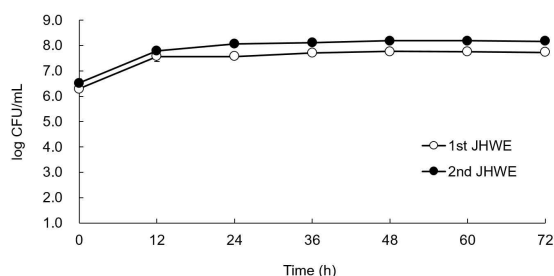


Fig. 1. Changes in the number of *Lactiplantibacillus plantarum* in jujube hot water extracts (1st and 2nd JHWE) during fermentation.

당도, pH 및 총산도 변화

Fig. 2는 대추 열수추출물과 유산균 발효물의 당도, pH 및 총산도의 값을 비교한 결과 값이다. 먼저 당도의 경우 1, 2차 대추 열수추출물을 각각의 유산균 발효물과 비교했을 때 유의적인 차이

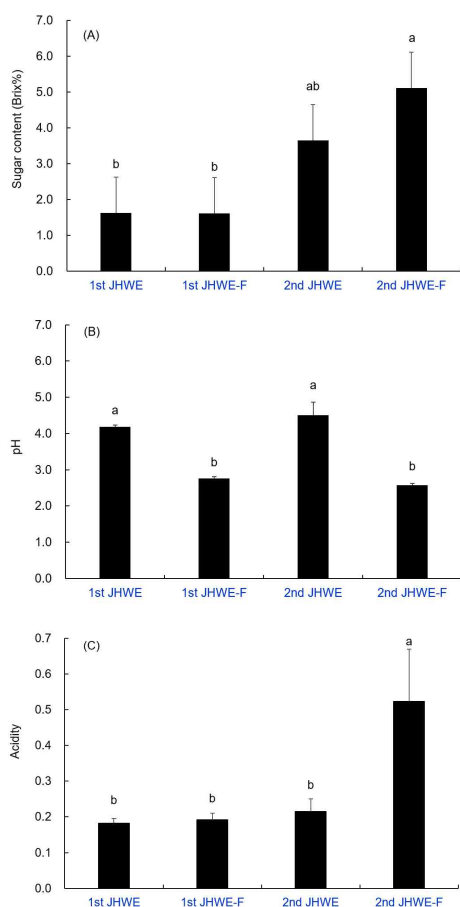


Fig. 2. Changes in sugar contents, pH, and total acidity of jujube hot water extracts (1st and 2nd JHWE) and their corresponding fermented products (1st and 2nd JHWE-F). (a,b) Different letters differ significantly ($p<0.05$).

($p>0.05$)를 보이지 않았는데(Fig. 2A), 이는 Ryu 등 (2018)과 Kim 등 (2016)의 연구에서 발효 기간 동안 유산균에 의해 당이 소비되어 당도가 감소하였다는 결과와 달랐다. 반면 과채즙에 젖산균을 접종하여 9일간의 발효기간 동안 당도를 측정한 Kim 등 (2002)의 연구에서는 발효 4일째까지 당도의 변화가 없다가 6일째부터 서서히 감소되었다고 보고하였는데, 이의 결과는 본 연구와 유사한 경향을 보여, 본 실험에서 3일간의 추출물 발효 기간은 당도의 변화를 가져오기엔 불충분했을 것으로 사료된다. 대추 추출물의 pH 측정 결과, 유산균 발효 과정을 거치지 않은 1차 및 2차 대추 열수추출물은 pH 4.2~4.5이었으나, 유산균 발효 이후 pH 2.6~2.8로 현저히 저하되어 유의적($p<0.05$)으로 낮은 값을 나타냈다(Fig. 2B). 이것은 유산균 발효가 진행됨에 따라 생성된 젖산이나 아세트산을 비롯한 여러가지 유기산 물질이 생성되어 pH가 급격히 감소된 것으로 보인다(Kim 등, 1999; Sung 등, 2013). 총산도 측정결과 2차 열수추출물의 유산균 발효물이 0.52로 가장 높은 산도를 나타내었고, 1차 열수추출의 유산균 발효물은 0.19로 열수추출물과 유의적 차이를 나타내지 않아(Fig. 2C) pH값과 다른 양상을 보였다. 일반적으로 유산균 발효가 진행됨에 따라 생산된 대사산물로 인해 pH가 감소하며 산도가 증가한다는 보고와는 다른 결과를 나타내어 추후 연구가 필요할 것으로 보인다(Kim 등, 2016; Han 등, 1997).

일반영양성분 분석

2차 대추 열수추출물의 유산균 발효여부에 따른 일반영양성분 분석 결과를 Table 1에 나타냈다. 수분은 시료 모두 평균 94%로 분석

Table 1. Nutritional components of the 2nd jujube hot water extract (JHWE) and its corresponding fermented product (JHWE-F).

Components	JHWE	JHWE-F
Moisture (%)	94.27±0.48 ^a	94.39±0.32 ^a
Calorie (kcal/100 mL)	32.89±1.87 ^a	31.51±1.48 ^a
Sodium (mg/100 mL)	1.39±0.04 ^a	1.44±0.06 ^a
Carbohydrate (g/100 mL)	7.10±0.46 ^a	6.79±0.4 ^a
Sugars (g/100 mL)	6.35±0.5 ^a	5.92±0.41 ^a
Crude fat (g/100 mL)	0.27 ^a	0.26±0.01 ^a
Trans fat (g/100 mL)	0	0
Saturated fat (g/100 mL)	0.16±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a
Cholesterol (mg/100 mL)	0	0
Crude protein (g/100 mL)	0.52±0.02 ^a	0.5±0.02 ^a
Ash content (%)	0.24±0.02 ^a	0.19±0.02 ^a

되었으며, 탄수화물 함량은 대추 열수추출물과 유산균발효물이 각각 7.10 g과 6.79 g였고, 당류 함량은 열수추출물이 6.35g, 유산균 발효물이 5.92g로 나타났다. 또한 열수추출물의 조지방과 조단백질 함량, 회분 함량은 각각 0.27g, 0.52g, 0.24%였으며, 유산균 발효물은 0.26g, 0.50, 0.19%를 나타내어 모든 일반영양성분에서 유의적 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). Gim 등(2018)의 연구에서는 갈색거저리 동충하초 추출물을 유산균으로 발효하였을 때 회분 함량에서 유의적 차이를 보이지 않아 본 연구와 유사하였으나, 수분은 85.27%에서 약 17% 낮아진($p<0.005$) 68.54%를 나타냈고, 조단백질($p<0.05$)과 조지방($p<0.005$)은 발효물이 물 추출물보다 높은 값을 나타내어 본 연구와 다른 경향을 나타냈다. 이는 실험재료 및 추출 방법의 차이가 결과 값에 영향을 주었을 것으로 보이는데, 특히 Gim 등의 연구에서는 유산균 발효물 제조 시, 감압 농축하여 사용하였으므로 수분함량 및 일반성분 함량에 변화를 주었을 것으로 사료된다.

DPPH 및 ABTS free radical 소거 활성

DPPH radical 소거법은 비교적 안정한 free radical을 가지고 있는 DPPH가 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 등의 방향족 화합물 및 방향족 아민류에 의해 환원되어 자색이 탈색되는 정도를 지표로 하여 항산화능을 측정하는 방법으로 천연소재로부터의 항산화물질을 검색하는데 주로 이용되고 있다(Kwon 등, 2007; Kim 등, 2016; Yu 등, 2006). Fig. 3은 1차 및 2차 대추 열수추출물의 유산균 발효 여부에 따른 DPPH free radical 소거능의 결과를 나타낸 것으로 본 실험에서는 대조군으로 ascorbic acid를 사용하였다.

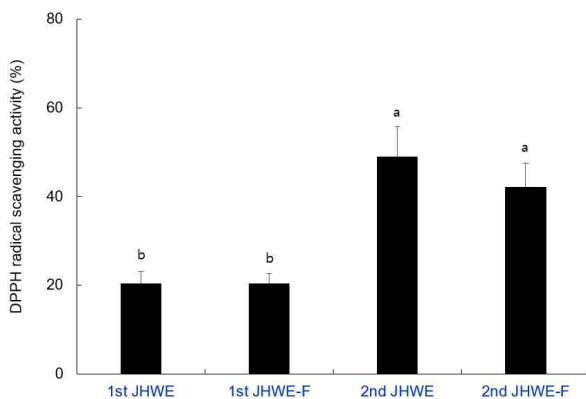


Fig. 3. DPPH radical scavenging activities of jujube hot water extracts (1st and 2nd JHWE) and their corresponding fermented products (1st and 2nd JHWE-F). ^(a,b) Different letters differ significantly ($p<0.05$).

DPPH radical 소거 활성능은 유산균 비발효군의 경우, 1차 열수추출물이 20.37%였으며 2차 열수추출물은 48.90%로 나타나 1차 열수추출물보다 높았고, 유산균 발효군의 경우, 유산균 비발효군과 마찬가지로 2차 열수추출물의 발효물이 42.11%로 측정되어 1차 열수추출물의 발효물(20.34%)보다 유의적으로 높았다($p<0.05$). 또한 1차 및 2차 대추 열수추출물을 각각 유산균 발효물과 비교했을 때 모두 DPPH free radical 소거 활성능에서 유의적인 차이가 나타나지 않았는데($p>0.05$), 이는 유산균 발효 유무와 관계없이 대추 열수추출물수가 DPPH free radical 소거 활성능에 가장 영향을 많이 미친 것으로 보인다. Kim(2014) 등의 연구에서는 DPPH free radical 소거 활성능을 대추 추출물의 농도별로 측정한 결과, 대추 열수추출물 62.5 $\mu\text{g/mL}$ 에서 34.36%, 250 $\mu\text{g/mL}$ 에서 55.19%, 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 에서 68.24%의 전자공여능을 보여 대추 열수추출물의 농도가 증가함에 따라 전자공여능이 증가하였다고 보고하였는데, 이는 더 높은 농도의 2차 대추 열수추출물에서 DPPH free radical 소거 활성능이 증가한 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

ABTS radical 소거법은 ABTS가 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS free radical이 시료 내의 항산화제를 가지는 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 청록색이 탈색되는 것을 이용한 측정 방법으로(Choi 등, 2003), 본 연구에서는 ascorbic acid를 대조군으로 사용하여 항산화력을 측정하였다.

유산균 발효여부에 따른 1차 및 2차 대추 열수추출물의 ABTS free radical 소거 활성능의 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 유산균 비발효군의 1차 열수추출물은 19.72%였으며 2차 열수추출물은 79.94%로 1차 열수추출물에 비해 ABTS free radical 소거 활성능이 더

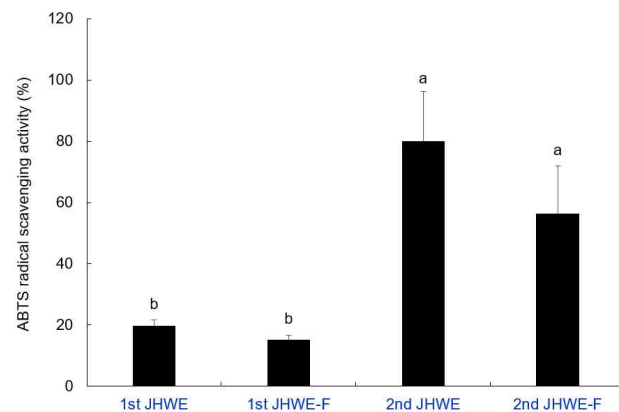


Fig. 4. ABTS radical scavenging activities of jujube hot water extracts (1st and 2nd JHWE) and their corresponding fermented products (1st and 2nd JHWE-F). ^(a,b) Different letters differ significantly ($p<0.05$).

높은 것으로 나타났다($p<0.05$). 유산균 발효균에서도 마찬가지로 2차 열수추출물이 56.16%로 1차 열수추출물(15%)에 비해 유의적으로 높은 값을 보여($p<0.05$) 대추 열수 추출횟수가 늘어남에 따라 ABTS free radical 소거 활성능이 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다. Choi(2006) 등의 연구에서 식물체를 열처리할 경우 결합형의 폴리페놀 성분이 유리형으로 전환되어 항산화 활성이 증가한다고 보고한 것과 같이 본 연구에서도 2차 열수추출물이 1차 추출물보다 더 오랜 시간 고온 열처리하였으므로 조직과 강하게 결합되어 있던 유효성분들이 유리형으로 전환되어 항산화 효과가 더 높게 측정되었을 것으로 판단된다. 반면, 1차 및 2차 열수추출물 모두 *L. plantarum*에 의한 발효에 의해서는 항산화능의 증가를 보이지 않았는데, 이는 Auh 등(2012)의 연구에서 건대추와 흑대추 추출물 모두 발효에 의한 ABTS free 라디칼 소거능의 유의적인 변화가 나타나지 않았다는 결과와 일치하였다.

총 폴리페놀 함량

폴리페놀(polyphenol)계 화합물은 한 분자에 2개 이상의 phenolic hydroxyl(OH)기를 가진 방향족 화합물들을 가리키는데 식물체에 특수한 색을 부여하고 산화-환원반응에서 기질로 작용한다. 또한 폴리페놀 화합물은 충치 예방 및 고혈압 억제, 항산화, 항암, 항염증 등의 다양한 생리활성을 갖는다고 알려져 있다(Yu 등, 2006). 따라서 본 연구에서는 열수추출물과 유산균 발효물의 총 폴리페놀 함량을 분석하였다(Fig. 5). 1차 열수추출물 및 발효물의 총 폴리페놀 함량은 0.36 mg/mL로 측정되었으며, 2차 열수추출물과 유산균 발효물은 0.16~0.18 mg/mL로 측정되어 1차 열수추출물에 비해 현저히 낮은 함량을 나타냈는데, 이는 대추 1차 열수추출물의 총 폴리페놀 함량이 11.63 mg/g으로 가장 높게 나타났고, 2차 열

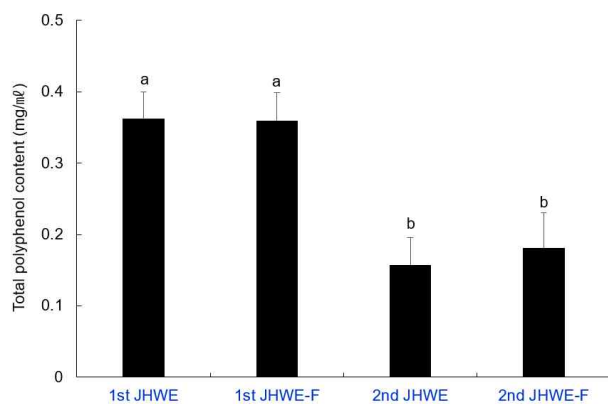


Fig. 5. Total polyphenol contents of jujube hot water extracts (1st and 2nd JHWE) and their corresponding fermented products (1st and 2nd JHWE-F). (a,b) Different letters differ significantly ($p<0.05$).

수추출물은 1차 추출물에 비해 약 60% 감소한 4.37 mg/g을 나타냈다고 보고한 Jeong 등(2011)의 연구와 유사하였다. 반면, Song 등(2011)은 톳 추출물을 *L. brevis*로 발효했을 때, 추출액의 가수분해로 인해 폴리페놀 함량이 크게 증가하였다고 보고하였는데, 본 연구에서는 1차 및 2차 열수추출물을 각 발효물과 비교했을 때 유의적인 차이($p>0.05$)를 보이지 않았다. Doh 등(2010)의 6가지 유산균주로 인삼을 발효하여 특성 조사 및 효능 검정을 실시하고자 한 연구에서 유산균의 종류 및 발효시간에 따라 폴리페놀 함량이 증가 혹은 감소를 보였다고 하였다. 본 연구에서는 *L. plantarum* 단일 균주 및 한가지의 발효 조건으로 실험을 진행했기 때문에 유산균 발효에 의한 대추추출물의 기능성 확인을 위해서는 다양한 유산균주 및 발효조건을 적용, 비교할 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

요약

본 연구에서는 대추 열수추출물에 대한 유산균 발효를 통해 기능성 소재로서의 가능성을 알아보려고 하여 열수추출물에 *L. plantarum*을 접종하여 유산균 발효물을 제조하였으며, 열수추출물과 유산균 발효물의 영양성분 및 항산화능을 비교·분석하였다. 대추 열수추출물에 접종한 유산균은 초기 12시간 만에 증가하였으며, 이후 72시간까지 큰 증감없이 그 수를 유지하여 대추 열수추출물은 유산균의 생육에 큰 영향을 미치지 않았다. 열수추출물과 유산균 발효물의 당도, pH 및 총산도를 측정된 결과, 당도는 유산균 발효 여부와 관계없이 열수추출물이 증가할수록 높아졌으며, pH는 유산균 발효 이후 현저히 감소하였고, 총산도는 2차 열수추출물의 발효물에서만 유의적으로 증가하였다. 2차 열수추출물의 유산균 발효 여부에 따른 일반영양성분 분석 결과, 모든 성분에서 유의적 차이를 보이지 않았으며, DPPH 및 ABTS free radical 소거활성능은 유산균 발효 여부에 관계없이 열수추출수에 비례하여 증가하여 2차 열수추출물과 그의 발효물에서 가장 높은 결과를 나타내었다. 총폴리페놀 함량 또한 유산균 발효여부에 관계없이 1차 열수추출물에서 가장 높은 값이 관찰되었다. 본 연구를 통해 대추 열수추출물은 유산균 생육에 전혀 영향을 미치지 않아 유산균 발효물 제조 가능성을 확인했으며, 또한 항산화능과 총폴리페놀 함량은 열수추출수에 의해 영향을 받는다는 사실을 알 수 있었다. 하지만, 열수추출물과 유산균 발효물 사이에 일반영양성분 및 항산화능에 큰 차이는 없었으며, 이는 *L. plantarum* 단일 균주로만 연구를 진행했기 때문으로 여겨진다. 따라서 추후에 다양한 유산균주를 사용하여 대추 열수추출물의 발효를 시도해 항산화능을 비롯한 다양한 기능성을 증가시킬 수 있는 유산균주를 탐색할 필요가 있을 것으로 사료된다.



감사의 글

이 논문은 2020년 충북바이오헬스산업혁신센터 프로젝트랩(과제 번호: 2020RIS0270)의 지원을 받아 수행된 연구이며, 이에 감사드립니다.

References

- Kim AN, Park SH, and Jung HA (2014) Antioxidant activity of jujube and curd yogurt addition to jujube. *Korean J. Food & Nutr.* **27**, 331-338.
- Kim YS, Kwon OJ, Suh HJ, and Park S (2016) Antioxidant properties of brownish natural dyeing agents from medicinal plant. *Korean J. Food Preserv.* **23**, 387-392.
- Kwon GJ, Chio DS, and Wang MH (2007) Biological activities of hot water extracts from *Euonymus alatus* leaf. *Korean J. Food Sci. Technol.* **39**, 569-574.
- Song HS, Kim HK, Min HO, Choi JD, and Kim YM (2011) Changes in physicochemical and sensory properties of *Hizikia fusiforme* water extract by fermentation of lactic acid bacteria. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* **44**, 111-117.
- Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, and Lee IS (2006) Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zizyphus jujuba* var. *inermis* Rehder. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**, 128-134.
- Auh MS, Kim YS, Ahu SJ, Ahu JB, and Kim KY (2012) Comparison of property changes of black jujube and *Zizyphus jujuba* extracts during lactic acid fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 1346-1355.
- Han SS, Shin JY, Lim SH, Ahn HY, Kim BJ, and Cho YH (2019) Dietary effect of *Lactobacillus plantarum* CJLP55 isolated from kimchi on skin pH and its related biomarker levels in adult subjects. *J. Nutr. Health.* **52**, 149-156.
- Jeong HM, Kim YS, Ahn SJ, Ahn JB, and Kim KY (2011) Effects of *Zizyphus jujuba* var. *boeunensis* extracts on the growth of intestinal microflora and its antioxidant activities. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 500-508.
- Kim HN, Yoon JW, Moon SA, Choi SB, Seo YM, Park JH, Jhoo JH, Ahn SI, and Kim GY (2016) Fermentation and quality characteristics during the storage of greek-style yogurt supplemented with stevia leaf extract. *J. Milk Sci. Biotechnol.* **34**, 51-57.
- Choi YU (2013) Functional activities and product development of jujube (*Ziziphus jujuba* var. *inermis* Rehder) for snacks and jungkwa. Ph. D. thesis, Andong National Univ., Andong, Korea.
- Doh ES, Chang JP, Lee KH, and Seong NS (2010) Ginsenoside change and antioxidation activity of fermented Ginseng. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **18**, 255-265.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, and Lee J (2006) Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* **99**, 381-387.
- Kim GH and Bae EK (1999) Lactic acid bacteria for the preservation of fruit and vegetables. *Korean J. Food Preserv.* **6**, 245-254.
- Ryu JY, Park HJ, Moon JY, Kim CS, and Kim SM (2018) Lactic fermentation enhances the antioxidant activity of gold kiwifruit. *Korean J. Food Preserv.* **25**, 255-262.
- Folin O and Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* **12**, 239-249.
- Kim SY and Choi EH (2002) Optimization for the lactic acid fermentation of mixed fruit and vegetable juices. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**, 303-310.
- Jo YJ, Han JW, Min DL, Lee YE, Choi YJ, and Lim SW (2015) Optimization of acetic acid fermentation for producing vinegar from extract of jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruits. *Korean J. Food Sci. Technol.* **47**, 711-718.
- Sung SK, Rhee YK, Cho CW, Kim YC, Lee OH, and Hong HD (2013) Physicochemical properties and antioxidative activity of fermented *Rhodiola sachalinensis* and Korean red ginseng mixture by *Lactobacillus acidophilus*. *Korean J. Food & Nutr.* **26**, 358-365.
- Gim DW, Park JK, Kim HJ, Cho IK, Cho JY, Kim YD, and Huh CK (2018) Physicochemical properties and antioxidant activities of *Streptococcus thermophilus* KCCM 3782 strain fermented *Cordyceps militaris*

- grown on *Tenebrio molitor*. *Korean J. Food Preserv.* **25**, 136-144.
20. Abdelazez A, Abdelmotaal H, Zhu ZT, Fang-Fang J, Sami R, Zhang LJ, Al-Tawaha R, and Chen Meng X (2018) Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review. *Adv. Environ. Biol.* **12**, 16-27.
 21. Kim JS, Hwang EY, Choi SW, and Park JY (2014) Preparation of fermented mulberry beverage by *Weissella cibaria*. *Curr. Top. Lact. Acid Bact. Probiotics.* **2**, 38-44.
 22. Kim SJ and Kim HS (2016) Properties of jujube pulp powder and its application in preparing *Yakbap*, *Yakpyon*, and Jujube porridge. *Korean J. Food Cook Sci.* **32**, 1-8.
 23. Jung JE and Cho EJ (2014) Protective effects of *Zizyphus jujuba* and fermented *Zizyphus jujuba* from free radicals and hair loss. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 1174-1180.
 24. Kim JM, Moon YS, and Yoon KY (2014) Quality characteristics and antioxidant activity of black *Doraji*-apple juice mixed with jujube extracts. *Korean J. Food Preserv.* **21**, 199-205.
 25. Kim DH, Yeon SJ, and Jang KI (2016) Quality characteristics and antioxidant activity of espresso coffee prepared with green bean fermented by lactic acid bacteria. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **45**, 1799-1807.
 26. Han EH, Lee TS, Noh BS, and Lee DS (1997) Quality characteristics in mash of *Takju* prepared by using different *Nuruk* during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 555-562.
 27. Kim DH (2008) Quality characteristics of *Yakbab* prepared with jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) paste. *Culi. Sci. & Hos. Res.* **14**, 329-338.
 28. Oh MK, Rhee YH, Choi KC, Lee YK, Shin SY, and Kim JH. (1999) Selection and physico-chemical characteristics of lactic acid bacteria which had cholesterol lowering activities. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* **42**, 83-90.
 29. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, and Lee JS (2003) The antioxidant activities of the some commercial teas. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 723-727.